

Ecofisiologia de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação

Ecophysiology of pine seedlings (*Annona squamosa* L.) under doses of cattle manure and irrigation depths

Ecofisiología de plántulas de pino (*Annona squamosa* L.) bajo dosis de estiércol de ganado y profundidades de riego

Recebido: 02/05/2020 | Revisado: 03/05/2020 | Aceito: 06/05/2020 | Publicado: 12/05/2020

Francisco de Assis da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4558-1147>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: agrofdsilva@gmail.com

Isidro Patrício de Almeida Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1727-5767>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: isidroneto2@gmail.com

Pedro Dantas Fernandes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5070-1030>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: pedrodantasfernandes@gmail.com

Mirandy dos Santos Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0160-6069>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: mirandydias@gmail.com

Marcos Eric Barbosa Brito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9087-3662>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: marcosericbb@yahoo.com.br

Andreza Maia de Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0989-7312>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

Resumo

A *Annona squamosa* trata-se de uma das fruteiras mais promissoras dentre o mercado de frutas frescas, devido a sua capacidade de adaptação edafoclimática tornando-se uma boa perspectiva econômica. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento e a fisiologia de mudas de *Annona squamosa* sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, avaliando cinco lâminas de irrigação e três doses de esterco bovino, arranjos em esquema fatorial 5 x 3, em blocos casualizados, com quatro repetições e uma planta por parcela. As lâminas de irrigação estudadas foram 60, 80, 100, 120 e 140% da evapotranspiração real - ETr e três doses de esterco bovino 0, 7,5 e 15% da capacidade do recipiente. A utilização de esterco bovino e, o manejo da irrigação influenciou positivamente as trocas gasosas da pinheira em sua fase de mudas. O fornecimento de esterco bovino na dose de 7,5% influenciou positivamente o crescimento das mudas de pinheira até os 54 DAT, podendo assim ser utilizado como fonte de nutrientes para o crescimento e fisiologia da pinheira.

Palavras-chave: Manejo de irrigação; Adubação orgânica; Trocas gasosas.

Abstract

Annona squamosa is one of the most promising fruit trees in the fresh fruit market, due to its ability to adapt to edaphoclimatics, making it a good economic prospect. Thus, the objective was to evaluate the growth and physiology of *Annona squamosa* seedlings under doses of bovine manure and irrigation depths. The experiment was conducted in a protected environment, evaluating five irrigation depths and three doses of bovine manure, arranged in a 5 x 3 factorial scheme, in randomized blocks, with four replications and one plant per plot. The irrigation depths studied were 60, 80, 100, 120 and 140% of the actual evapotranspiration - ETr and three doses of bovine manure 0, 7.5 and 15% of the container capacity. The use of bovine manure and the management of irrigation positively influenced the gas exchange of the pine tree in its seedling phase. The supply of bovine manure at a dose of 7.5% positively influenced the growth of pine seedlings up to 54 DAT, thus being able to be used as a source of nutrients for the growth and physiology of pine.

Keywords: Irrigation management; Organic fertilization; Gaseous exchanges.

Resumen

Annona squamosa es uno de los árboles frutales más prometedores en el mercado de fruta fresca, debido a su capacidad de adaptarse a los edafoclimáticos, lo que lo convierte en una buena perspectiva económica. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el crecimiento y la fisiología de las plántulas de *Annona squamosa* bajo dosis de estiércol bovino y profundidades de riego. El experimento se realizó en un entorno protegido, evaluando cinco profundidades de riego y tres dosis de estiércol bovino, dispuestas en un esquema factorial de 5 x 3, en bloques aleatorizados, con cuatro repeticiones y una planta por parcela. Las profundidades de riego estudiadas fueron 60, 80, 100, 120 y 140% de la evapotranspiración real - ETr y tres dosis de estiércol bovino 0, 7.5 y 15% de la capacidad del contenedor. El uso de estiércol bovino y el manejo de El riego influyó positivamente en el intercambio de gases del pino en su fase de plántulas. El suministro de estiércol bovino a una dosis del 7,5% influyó positivamente en el crecimiento de las plántulas de pino hasta 54 DAT, pudiendo ser utilizado como fuente de nutrientes para el crecimiento y la fisiología del pino.

Palabras clave: Manejo de riego; Fertilización orgânica; Intercambio de gases.

1. Introdução

A pinha (*Annona squamosa* L.), também conhecida como fruta-do-conde ou ata, destaca-se economicamente no mercado de fruta fresca, sendo destinada basicamente ao consumo in natura. É cultivada em escala comercial em vários Estados brasileiros, principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, com destaque para São Paulo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Pernambuco (Medina et al., 2015).

Trata-se de uma das fruteiras mais promissoras, devido à sua fácil adaptação edafoclimática e aos elevados preços que seus frutos alcançam no mercado, apresentando boas perspectivas econômicas de cultivo (Scaloppi-Junior et al., 2014; Santos et al., 2014). Porém, no semiárido do nordeste brasileiro as precipitações pluviométricas irregulares atuam decisivamente no manejo da irrigação das culturas, ao ponto de promoverem restrição no rendimento, comprometendo significativamente a produção agrícola (Azevedo et al., 2014).

Um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento de qualquer espécie é a água, cuja falta caracteriza uma das principais restrições ao crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas. Assim, deve-se considerar o uso eficiente da mesma, já que o balanço hídrico normalmente é negativo, ocorrendo maior evapotranspiração que pluviosidade, tornando-se importante adotar tecnologias que associem a formação de mudas com qualidade

ao baixo consumo de recursos hídricos (Lopes et al., 2011). Diante desta situação, justifica-se a necessidade de se recorrer à prática da irrigação, uma vez que, nos períodos de estiagem é importante que se leve em consideração a eficiência da utilização desse recurso, no manejo ou na escolha da quantidade de água a ser aplicada.

Além do manejo da irrigação outra prática importante a ser utilizada durante a produção de mudas de uma espécie é a adubação, visto que, os materiais orgânicos incorporados ao solo tende a contribuir para o aumento do teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, na melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (Ourives et al., 2010).

Na literatura estudos demonstram que a adubação orgânica tem uma atuação muito positiva sobre as mudas de diferentes espécies frutíferas, onde tal fato tem estimulado muitos produtores a adotarem essa prática, que tem como vantagem o uso de material orgânico muitas vezes disponível na propriedade, além de agregar valor ao produto (Canesin & Corrêa, 2006).

Neste sentido, para a obtenção de mudas com qualidade com menor uso da água, uma estratégia pode estar relacionada à melhoria do crescimento do sistema radicular através do uso de esterco bovino, o qual irá fornecer nutrientes essenciais neste processo.

Diante da importância dos fatores água e adubação orgânica para a cultura, torna-se necessária à realização de estudos a respeito dos níveis ótimos a serem aplicados para se obter o máximo rendimento agrônômico das mudas de pinha. Com isso, objetivou-se avaliar o crescimento e a fisiologia de mudas de pinheira sob lâminas crescentes de irrigação e doses de esterco bovino.

2. Metodologia

As pesquisas são realizadas com o intuito de alcançar novos conhecimentos e saberes como preconiza Pereira et al. (2018). No presente estudo, fez-se uma pesquisa em campo e o experimento foi realizado em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), Campus Pombal, 6° 48' 16" S e 37° 49' 15" O e altitude média de 144 m.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 3, com quatro repetições, cujos tratamentos consistiram de cinco lâminas de irrigação (60, 80, 100, 120 e 140% Etr), associado a doses de adubação orgânica (0, 7,5 e 15% de esterco bovino).

As sementes utilizadas foram adquiridas no município de São João do Rio do Peixe-PB, oriundas de frutos maduros, feito a despolpa, depois seguindo o processo de lavagem em água corrente e colocado para secar à sombra.

A semeadura foi realizada em bandejas de polietileno (3 mm) com 162 células, utilizando substrato comercial, sendo colocada uma semente por célula a 1 cm de profundidade. Aos 60 dias após a semeadura foi realizado o transplante para tubetes com capacidade volumétrica de 3,5 L, levando-se em consideração as mudas que apresentavam no mínimo três primórdios foliares verdadeiros. Os tubetes foram dispostos em bancadas metálicas (cantoneiras), a uma altura de 0,8 m do solo para facilitar os tratos culturais e aplicação dos tratamentos. No preenchimento dos tubetes foi utilizado solo e diferentes doses de esterco bovino de acordo com tratamentos cujas características físicas e químicas encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1- Características químicas e físicas do solo e do esterco utilizado no experimento.

Características	Solo	Esterco	Unidade
pH em H ₂ O (1:25)	8,20	9,04	-
P	307	907,56	mg dm ⁻³
K ⁺	90,67	3809,75	mg dm ⁻³
Ca ⁺²	5,05	5,10	cmolc dm ⁻³
Na ⁺	0,11	3,32	cmolc dm ⁻³
Mg ⁺²	4,30	1,55	cmolc dm ⁻³
Al ⁺³	0	0	cmolc dm ⁻³
H ⁺ + Al ⁺³	0	0	cmolc dm ⁻³
SB	9,69	19,71	cmolc dm ⁻³
M.O	5,42	352,52	g kg ⁻¹
CTC	9,69	19,71	cmolc dm ⁻³
V	100	100	%
M	0	0	%
Areia	722	-	g kg ⁻¹
Silte	216	-	g kg ⁻¹
Argila	62	-	g kg ⁻¹
Densidade do solo	1,33	-	g cm ³
Capacidade de campo- CC	110,10	-	g kg ⁻¹
Ponto de murchamento permanente- PMP	45,36	-	g kg ⁻¹
Água disponível- AD	64,80	-	g kg ⁻¹

Classe textural: Franco Arenosa

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na análise de esterco e solo foi utilizada a fórmula de mistura (Equação 1).

$$C_1 \cdot V_1 + C_2 \cdot V_2 = C_f \cdot V_f \quad (1)$$

$$M_1 \cdot V_1 + M_2 \cdot V_2 = M_f \cdot V_f$$

Onde:

C = Concentração comum (g.L⁻¹)

M = Molaridade

V = Volume (L) (mol.L⁻¹)

As irrigações foram realizadas por método de lisimetria de pesagem, para determinar ETr, assim a cada 15 dias foi colocado o bloco três ao nível correspondente a capacidade de campo. Como referência para os demais tratamentos, foi utilizado o peso da lâmina de 100% de todos os blocos. Para acrescentar o peso adicional decorrente do crescimento da planta nesse período, o peso inicial foi mantido constante entre cada nível correspondente a capacidade de campo. A irrigação foi realizada uma vez ao dia, sempre no período da tarde onde eram pesados todos os tubetes da lâmina de 100% e em seguida era feita a diferença. As mesmas foram multiplicadas por 0,6 para a lâmina de 60%, 0,8 para a de 80%, por 1 para 100%, 1,2 para a de 120% e 1,4 para a de 140% obtendo as lâminas de irrigação diárias. Para a pesagem foi utilizada balança digital.

Os tratos culturais realizados foram capina manual, controle de pragas com uso de inseticida AGRITOATO como medida de controle.

Para avaliação do efeito dos tratamentos sobre o crescimento das plantas foram mensuradas no período entre 26 e 54 DAT, número de folhas (NF), taxa de crescimento absoluto para alturas de plantas (TCA_{AP}) e diâmetro de caule (TCA_{DC}), a taxa de crescimento relativo para altura de plantas (TCR_{AP}) e diâmetro de caule (TCR_{DC}). A determinação da taxa de crescimento absoluto (TCA) foi obtida empregando-se metodologia proposta por Benicasa (2003), conforme descrito na Equação 2.

$$TCA = \frac{(A_2 - A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Eq. 2}$$

Em que: TCR – taxa de crescimento absoluto; A₂- crescimento da planta no tempo t₂; A₁- crescimento da planta no t₁; e, t₂ - t₁ – Diferença de tempo entre as amostragens.

As taxas de crescimento relativo foram obtidas pela equação 3, onde se mensuram o crescimento em função da matéria pré-existente, adaptando-se para altura e diâmetro de plantas os procedimentos contidos em Hunt et al. (2002).

$$TCR = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad \text{Eq.3}$$

Em que:

TCR - taxa de crescimento relativo; A₂ - crescimento da planta no tempo t₂; A₁- crescimento da planta no tempo t₁; t₂ - t₁ -diferença de tempo entre as amostragens; e ln - logaritmo natural.

Aos 54 DAT, foram determinadas a condutância estomática (gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (Ci) (mmol mol^{-1}). A partir destes dados foram calculados a eficiência instantânea no uso de água (EiUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) (SÁ et al., 2017). As leituras foram realizadas na terceira folha do ápice para a base através do analisador de gás no infravermelho (IRGA), “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda.

Os dados obtidos foram avaliados, de modo semelhante ao que orienta Ferreira (2011), mediante análise de variância pelo teste F em nível de até 0,05 de probabilidade e nos casos de significância, realizou-se análise de regressão linear e polinomial para as lâminas de irrigação e teste de médias para as doses de esterco utilizando o software estatístico SISVAR.

3. Resultados e Discussão

Pelo resumo da análise de variância (Tabela 1), verifica-se que as lâminas de irrigação influenciaram de forma significativa a taxa de crescimento absoluto do diâmetro do caule (TCA_{DC}) ($p < 0,05$). As doses de esterco bovino afetaram significativamente o número de folhas aos 54 DAT (NF_{54}), a taxa de crescimento absoluto e relativo da altura de planta e do diâmetro do caule (TCA_{AP} , TCR_{AP} , TCA_{DC} , TCR_{DC}) ($p < 0,001$). Todavia, não houve efeito significativo da interação entre os fatores (L x D) para nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para o número de folhas (NF 26 e 54), taxa de crescimento absoluto (TCA_{AP}) e relativo (TCR_{AP}) da altura de planta e taxa de crescimento absoluto (TCA_{DC}) e, relativo (TCR_{DC}) da altura de planta de pinha, estudados no intervalo de 26 e 54 dias após o transplântio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de esterco bovino.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios					
		NF 26	NF 54	TCA_{AP}	TCR_{AP}	TCA_{DC}	TCR_{DC}
Lâminas (L)	4	1,76 ns	8,30 ns	0,04 ns	0,00003 ns	0,00045 *	0,00002 ns
Doses (D)	2	4,05 ns	160,55 **	1,64 **	0,0015**	0,0110 **	0,0005 **
Interação(LxD)	8	0,52 ns	1,38 ns	0,01 ns	0,00001 ns	1,5600 ^{ns}	0,00001 ns
Bloco	3	0,75 ns	3,84 ns	0,01 ns	0,00003 ns	3,95000 ns	0,00003 ns
Resíduo	42	1,49	3,77	0,02	0,00003	0,00016	0,00002
CV (%)	-	13,0	10,73	26,81	22,52	19,41	23,99

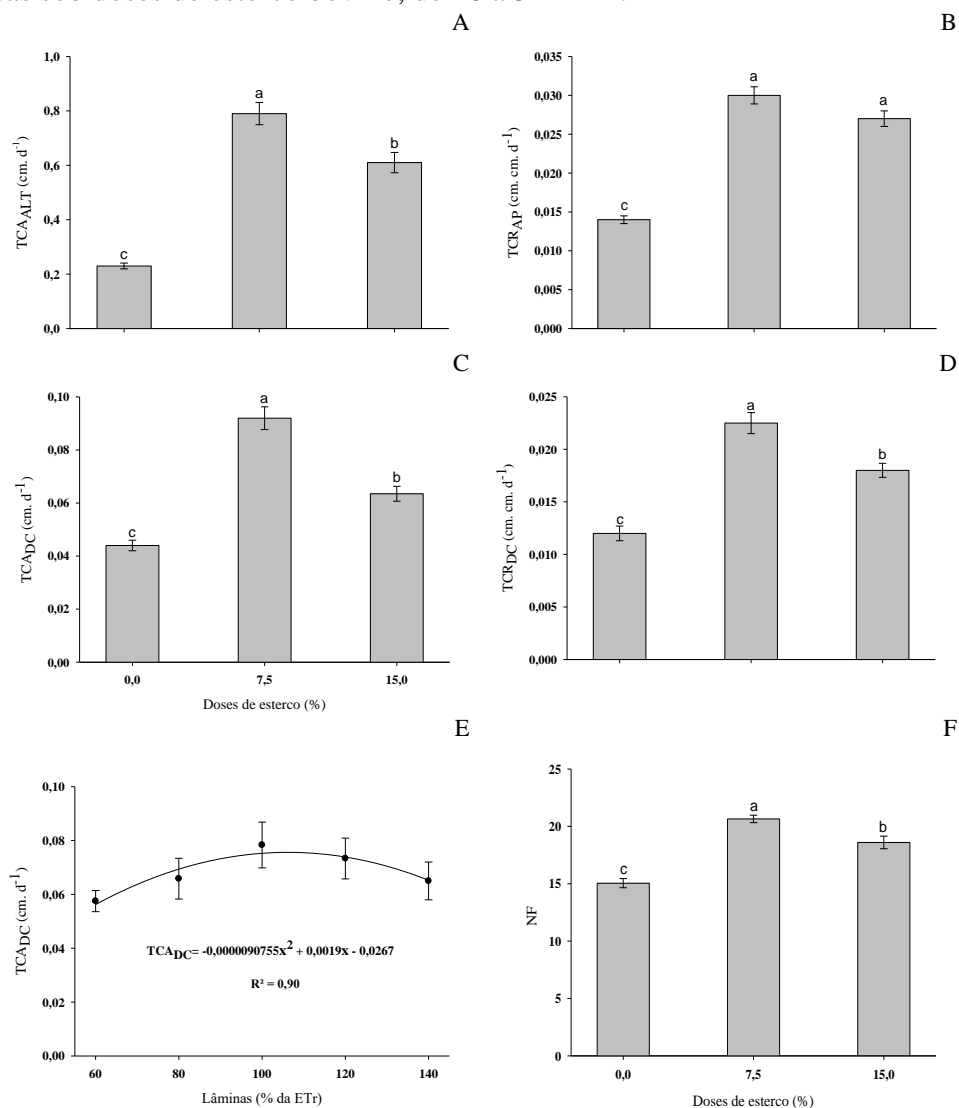
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 1, observa-se um incremento de 243,4, 109,09, 112,69 e 87,5% para a taxa de crescimento absoluto TCA_{ap} , TCA_{dc} e relativo da TCR_{ap} e TCR_{dc} , respectivamente, quando as plantas foram submetidas a aplicação da dose de 7,5% quando

comparada com as plantas que não foram aplicadas esterco bovino. Este incremento pode ter ocorrido em função da liberação lenta dos nutrientes por causa da fermentação feita pelos microrganismos, vindo então a suprir as necessidades da planta ao longo do tempo, haja vista que a adição de matéria orgânica ao solo tende a contribuir para a elevação da capacidade de troca catiônica (CTC) e conseqüentemente favorecendo o fornecimento de nutrientes e aumentando a taxa de crescimento das plantas (Oliveira et al., 2014; Souza et al, 2017).

De acordo com a equação de regressão (Figura 1E), observa-se efeito quadrático para o estudo das diferentes lâminas de irrigação aplicadas sobre TCAdc com média de 0,072 cm.d⁻¹ na lâmina de 104,67% da ETr.

Figura 1 - Taxa de crescimento absoluto (TCA_{ALT}) (A) e relativo da altura de plantas (TCR_{ALT}) (B), taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule (TCR_{DC}) (C), taxa de crescimento absoluto do diâmetro de caule (TCA_{DC}) (D e E) e número de folhas (NF) de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino, de 26 a 54 DAT.



Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 1F, observa-se que aos 54 DAT a dose de 7,5% de esterco bovino aumentou em 93,5% o número de folhas das plantas de pinheira quando relacionado com as plantas cultivadas com a dose 0% de esterco bovino.

O maior número de folhas nas plantas que receberam a dose de 7,5% de esterco bovino é resultado da ação positiva da matéria orgânica que por sua vez é responsável pela liberação de nitrogênio e carbono bem como, pela capacidade de elevar a CTC do solo,

favorecendo assim a absorção de nutrientes essenciais, principalmente N, P, K e na regulação do pH do solo, favorecendo, assim, uma maior emissão de folhas (Nascimento et al., 2017).

Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (2015), os autores constataram que o substrato à base de esterco bovino proporcionou os melhores resultados para o número de folhas, promovendo melhores rendimentos para a formação de mudas de pinheira.

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 3), verifica-se que houve efeito significativo do fator lâmina de irrigação para transpiração (E), condutância estomática (g_s) e fotossíntese (A). Para as doses de esterco bovino foi observado efeito significativo para todas as variáveis fisiológicas estudadas. Já para interação entre os fatores não se observou efeito significativo.

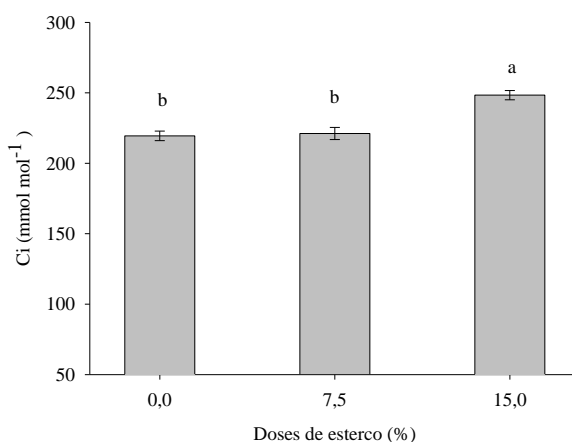
Tabela 2 - Resumo da análise de variância concentração interna de CO_2 , transpiração, condutância estomática, fotossíntese, eficiência intrínseca de carboxilação e eficiência do uso da água, aos 54 dias após o transplante sob diferentes lâminas de irrigação e doses de esterco bovino.

Fonte de Variação	Quadrados médios						
	GL	C_i	E	G_s	A	$EiCi$	EUA
Lâminas	4	487,93 ^{ns}	0,93 [*]	0,005 [*]	14,72 [*]	0,0002 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Doses	2	5259,8 ^{**}	4,71 ^{**}	0,026 ^{**}	179,9 ^{**}	0,0050 ^{**}	4,90 ^{**}
Interação	8	275,44 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	2,95 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Bloco	3	500,06 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Resíduo	42	273,77	0,316	0,0015	4,78	0,0001	0,15
CV%		6,64	20,01	25,85	20,77	22,07	10,77

Fonte: Dados da pesquisa.

O aumento da dose de esterco bovino até o valor máximo de 15% elevou a concentração interna de carbono para 248,35 $mmol.mol^{-1}$, já as plantas que não foram cultivadas com esterco bovino obtiveram média 219,45 $mmol.mol^{-1}$. O incremento obtido com a dose de 15% em relação a dose de 0% de esterco bovino foi de 13,16%.

Figura 2 - Concentração interna de CO₂ (Ci) de plantas de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino 54 DAT.



Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa

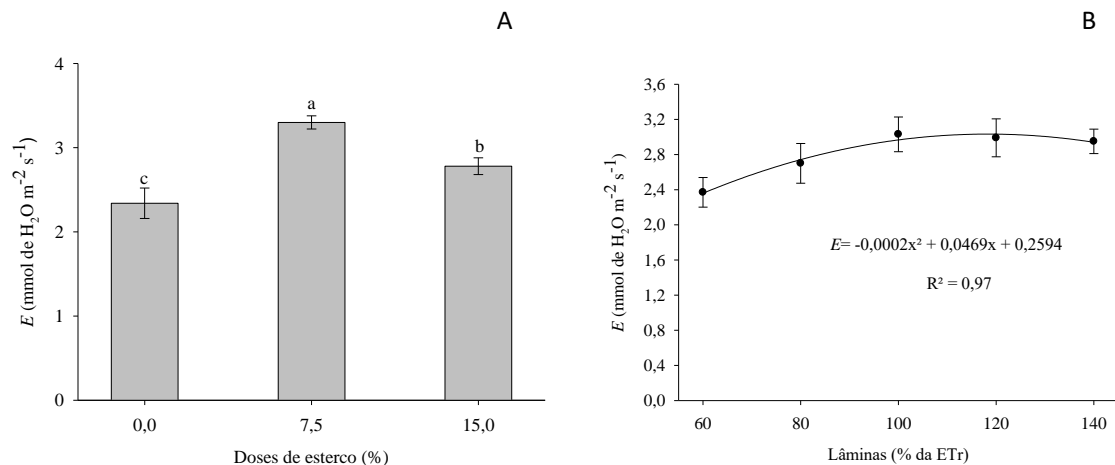
Na Figura 3A é possível observar que a aplicação da dose de 7,5% de esterco bovino no cultivo da pinheira foi responsável por aumentar a transpiração das plantas. Já na Figura 3B, observa-se resposta quadrática da transpiração da planta, em função das diferentes lâminas de irrigação.

A partir das análises de regressão para transpiração, verificou-se que o modelo polinomial quadrático foi o mais adequado ($p < 0,01$) com R^2 de 0,97 (Figura 3B). A taxa transpiratória máxima estimada a partir da equação obtida foi de 3,008 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹ para uma lâmina de irrigação de 117,25% da ETr. É importante ressaltar que a redução da transpiração a partir da lâmina de 117,25% da ETr, mostra que a planta apresentou um ajustamento osmótico diferenciado para as condições em estudo, ou seja, realizando o ajuste osmótico e fotossintético. Existe uma tendência de passagem da água do estado líquido para o gasoso de acordo com a diferença de concentração de vapor d'água entre os espaços intercelulares das folhas e a massa atmosférica externa (Taiz et al., 2017). É importante também levar em consideração que a aplicação de lâminas excessiva de água tende a provocar maiores lixiviações de nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, além disso pode saturar o solo provocando uma menor oxigenação do sistema radicular (Mesquita et al., 2013).

Normalmente, a transpiração segue a mesma tendência da fotossíntese considerando que a assimilação de CO₂ está atrelada a perda de água da planta para o ambiente. Independente da condição de suprimento hídrico, em função da taxa evaporativa ao longo do

dia ocorre o desbalço entre água absorvida pelo sistema radicular e a transpirada pelas folhas (Silva et al., 2013). A medida que a água do solo se torna escassa, a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para reduzir a perda de água e economizar a água disponível no solo (Silva et al., 2015).

Figura 3 – Transpiração (E) de plantas de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação aos 54 DAT.

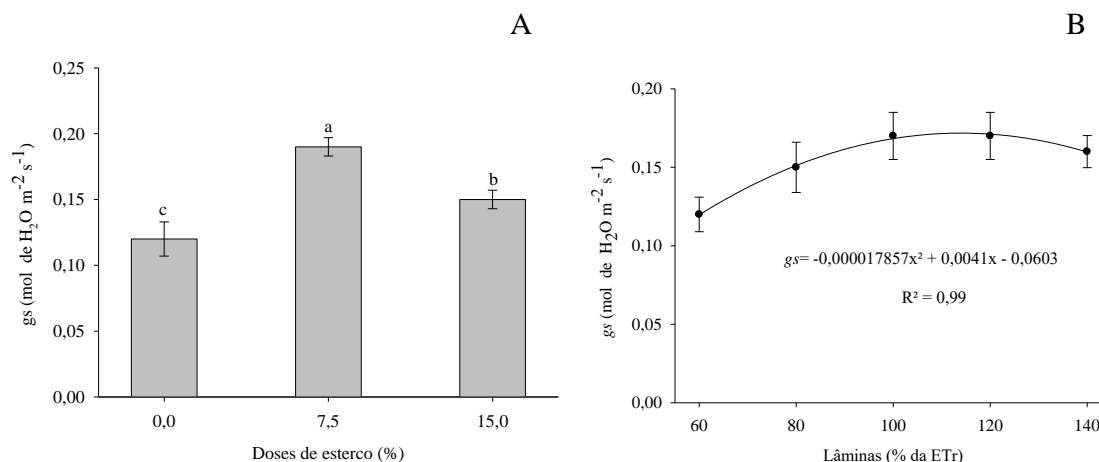


Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

A condutância estomática foi 58,33% maior nas plantas cultivadas com a dose de 7,5% de esterco bovino quando comparado com a dose 0%. Na análise de regressão para condutância estomática (g_s), verificou-se efeito quadrático ajustado ao modelo polinomial com R^2 igual a 0,99 (Figura 4B).

O valor de máximo de g_s ($0,17 \text{ mol de } H_2O \text{ m}^{-2} \cdot s^{-1}$) foi obtido sob a lâmina de irrigação de 114,8% da ETr, onde, a partir dessa lâmina a condutância estomática passa a decrescer. Em resposta ao estresse hídrico por falta (60 e 80% ETr) ou por excesso (120 e 140% da ETr) de água acarretou na redução da fotossíntese nas plantas de pinheira, ocasionada pelo aumento da resistência a difusão do CO_2 pelos estômatos e mesófilo (Galmés et al., 2011). Os estômatos é o principal órgão responsável pela realização do processo de trocas gasosas nas plantas, pois é através da câmara estomática que ocorre o processo de assimilação de CO_2 pela planta e conseqüentemente a liberação de água em forma de vapor através da transpiração (Meinzer, 2017).

Figura 4 - Condutância estomática (g_s) de plantas de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação aos 54 DAT.



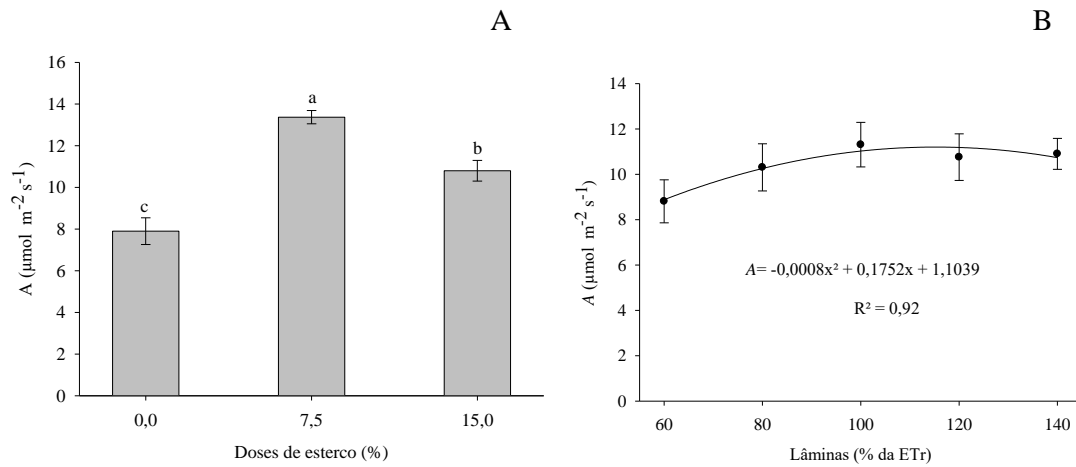
Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

A taxa fotossintética teve comportamento semelhante aos resultados de transpiração e condutância estomática, isso ocorreu porque esses fatores estão intimamente relacionados.

A aplicação da dose de 7,5% de esterco bovino no cultivo de plantas de pinheiras alavancou a fotossíntese em 69,24% quando comparada as plantas que foram submetidas a dose de 0% de esterco bovino (Figura 5A). Esse resultado demonstra que a dose 7,5% de esterco foi importante no incremento da fotossíntese líquida, isso ocorreu provavelmente devido ao esterco proporcionar melhorias na fertilidade do solo, como também, nas propriedades físicas e biológicas.

A partir das análises de regressão para fotossíntese, verificou-se que o modelo polinomial quadrático foi o mais adequado ($p < 0,01$) com R^2 de 0,92 (Figura 5B). A taxa fotossintética máxima estimada a partir da equação obtida foi de $10,69 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para uma lâmina de irrigação de 109,5%.

Figura 5- Taxa de assimilação de CO₂ (A) de plantas de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação aos 54 DAT.



Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Fontes: Dados da pesquisa.

De uma forma geral, é possível observar que o esterco foi mais satisfatório em aumentar as trocas gasosas nas plantas de pinheira quando utilizado a dose de 7,5%. Este resultado pode estar associado a maior disponibilidade e eficiência na liberação dos nutrientes contidos no esterco bovino, a exemplo do ocorrido na produção do número de folhas, uma vez que o maior número de folhas produzidas com o uso do esterco bovino aumenta a atividade fotossintética da planta, com isso, há maior conversão de energia luminosa em energia química, energia esta que é imprescindível para as atividades metabólicas da planta.

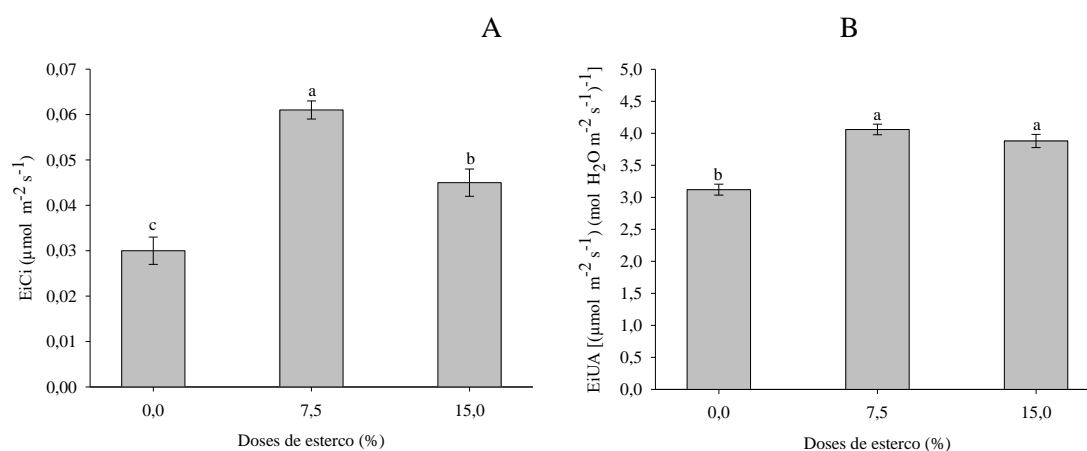
De acordo com Gondim et al. (2015) a fotossíntese, transpiração, condutância estomática e a concentração intercelular de CO₂, são parâmetros correlacionados e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando submetidas as ações adversas como a baixa quantidade de nutrientes.

Conforme analisado por Inoue & Martins (2006), o fechamento dos estômatos é uma estratégia adaptativa utilizada por diferentes espécies. Isso constitui um dos principais mecanismos de defesa que as plantas utilizam contra as perdas excessivas de água; estômatos abertos possibilitam a absorção de gás carbono; ao se fecharem, poupam água e restringem o risco de desidratação. A medida que a água disponível no solo diminui, ocorre o fechamento estomático, reduzindo a condutância estomática, e assim restringido a taxa de transpiração.

A eficiência instantânea de carboxilação aumentou com o uso da dose de 7,5% de esterco bovino até 0,061 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) obtendo um incremento de 103,33% em relação a dose de 0%. Quando a dose de esterco bovino foi elevada para 15% a eficiência instantânea

de carboxilação decresceu para 0,045 (Figura 6A). Para eficiência instantânea do uso da Água (EiUA) em plantas de pinheiras cultivadas sob doses de 7,5 e 15% de esterco bovino foi observado uma maior eficiência com médias de 4,06 e 3,88 [$(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})^{-1}$], diferindo estatisticamente das plantas que não foram cultivadas com esterco bovino (3,12 [$(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})^{-1}$]) (Figura 6B).

Figura 6 - Eficiência intrínseca de carboxilação (EiC) (A) e Eficiência instantânea do uso da água (EiUA) (B) de plantas de pinha cultivadas sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação aos 54 DAT.



Barra na vertical representam o erro padrão. Valores com as mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. Fontes: Dados da pesquisa.

4. Considerações Finais

A utilização de esterco bovino e, o manejo da irrigação influenciou positivamente as trocas gasosas da pinheira em sua fase de mudas.

O fornecimento de esterco bovino na dose de 7,5% influenciou positivamente o crescimento das mudas de pinheira até os 54 DAT, podendo ser utilizado como fonte de nutrientes para o crescimento e fisiologia da pinheira.

Referências

Andrade, AF, Veras, MLM, Araujo, DL, Melo Filho, JS & Andrade, R. (2015) Aplicação de fertilizante orgânico em plantas de pinha (*Annona squamosa* L.) em função de substratos orgânicos. *Terceiro Incluído*, 5(2), 481-486.

Azevedo, BM, Bastos, FGC & Viana, TVA. (2014). Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. *Revista Ciências Agrônômica*, 36, (1), 9-15.

Benincasa, MMP. (2003) *Análise de crescimento de plantas, noções básicas*. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 41.

Canesin, RCFS, Corrêa, LS. (2006) Uso de esterco associado à adubação mineral na produção de mudas de mamoeiro (*Carica papaya* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28(3)481-6.

Ferreira, DF. SISVAR: (2011) um sistema de análise estatística em computador. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, 35(6)1039-1042.

Galmés, J, Ribas-Carbó, M, Medrano, H & Flexas, J. (2011) Rubiscoactivity in Mediterranean species is regulated by the CO₂ concentration under water stress. *Journal of Experimental Botany*, 62(2),653-665.

Gondim, AR, Santos, JLG, Lira, RP, Brito, MED & Pereira, FHF. (2015) Atividade fotossintética da beterraba submetida a adubação mineral e esterco bovino. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 10(2), 61-65.

Hunt, DF, Shipley, B & Askew, AP. (2002) A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90(4), 485-488.

Inoue, MT, Martins, EG. (2006) Variação sazonal da fotossíntese e clorofila em progênies de *Grevillea robusta* Cunn. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 8(1),113-124.

Lopes, OD, Kobayashi, MK, Oliveira, FG, Alvarenga, ICA, Martins, ER & Corsato, CE. (2011) Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(6), 548-553.

Medina, RB, Silva, SR, Rodrigues, KFD, Avlés, TC & Kavati, R. (2015) Produção de mudas de anonáceas. *Coopercitrus*, v.350.

- Meinzer, FC, Smith, DD, Woodruff, DR, Marias, DE, McCulloh, KA, Howard, AR & Magedman, AL. (2017) Stomatal kinetics and photosynthetic gas exchange along a continuum of isohydric to anisohydric regulation of plant water status. *Plant, cell & environment*, 40(8), 1618-1628.
- Mesquita, JBR, Azevedo, BM, Campelo, AR, Fernandes, CN & Viana, TVA. (2013) Crescimento e produtividade da cultura do gergelim (*Sesamum indicum* L.) sob diferentes níveis de irrigação, *irriga*, 18(2), 364-375.
- Nascimento, JAM, Souto, JS, Cavalcanti, LF, Medeiros, SAS & Pereira, WE. (2017) Produção de melancia em solo adubado com esterco bovino e potássio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12(2),122-127.
- Oliveira, EAG, Ribeiro, RLD, Leal, MAA, Guerra, JGM, Araujo, ES, Espindola, JAA, Rocha, MS, Bastos, TC & Saiter, O. (2014) Compostos orgânicos fermentado tipo “bokashi” obtidos com diferentes materiais de origem vegetal e diferentes formas de inoculação visando sua utilização no cultivo de hortaliças. Seropédica: *Embrapa Agrobiologia*.
- Ourives, OEA, Souza, GM, Tiritan, CS & Santos, DH. (2010) Fertilizante orgânico como fonte de fósforo no cultivo inicial de brachiaria brizantha cv. Marandú. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40(2),126-132.
- Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 11 maio 2020.
Disponível em:
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Sá, FVS, Gueyi, HR, Lima, GS, Paiva, EP, Fernandes, PD, Moreira, RCL, Silva, LA & Ferreira Neto, M. (2017) Water relations and gas exchanges of West Indian Cherry under salt stress and nitrogen and phosphorus doses. *Journal of Agricultural Science*, 9(10), 168-177.
- Santos, PCD, Nogueira, AS, Freitas, MSM, Freitas, JAA & Carvalho, AJC. (2014) Influência da época de poda e tipos de polinização no florescimento e frutificação da pinha. *V Congresso*

Internacional e Encontro Brasileiro sobre Annonaceae: do gene à exportação. Botucatu-SP. 36(e), 192-201.

Scaloppi-Junior, EJ & Martins, ABG. (2014) Estaquia em Anonas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(e),147-156.

Silva, ARA, Bezerra, FML, Lacerda, CF, Pereira Filho, JV & Freitas, CAS. (2013) Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. *Revista Ciência Agronômica*, 44(01), 86-93.

Silva, FG, Dutra, WF, Dutra, AF, Oliveira, IM, Filgueiras, LMB & Melo, AS. (2015) Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19(10), 946–952.

Souza, FM, Lima, ECS, Sá, FVS, Souto, LS, Araújo, JES, Paiva, EP. (2017) Crescimento inicial do milho sob doses de esterco caprino e disponibilidade de água no solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12(2), 241-245.

Taiz, L, Zeiger, E, Moller, IM & Murphy, A. (2017) *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Francisco de Assis da Silva – 25%

Isidro Patrício de Almeida – 20%

Pedro Dantas Fernandes – 15%

Mirandy dos Santos Dias – 15%

Marcos Eric Barbosa Brito – 15%

Andrezza Maia de Lima – 10%